

培训讲座

A light gray world map with a grid overlay, showing the continents of Africa, Europe, Asia, and Australia. The map is centered behind the main title text.

# 数字化转型背景下 精益生产（MES/APS）发展思考

王爱民

数字化制造研究所

北京理工大学

# 提纲

---

- ✚ 数字化转型内涵思考
- ✚ 精益与MES融合分析
- ✚ 数字化转型下MES发展趋势
- ✚ MES实施推进方法论

# 数字化转型背景

---

- ❖ 虽然我们一直宣传要实现从制造大国向制造强国转变，但实际上我们的做法是做大和做强兼顾，并且从力度角度来说，仍然偏重于做大。
- ❖ 这跟我国制造企业的现状水平有关，尤其是大量的企业数字化方面仍然多有欠缺有关，从而导致发展智能制造所走的路径和阶梯也是不一样的，这也是为什么目前在大力提倡数字化转型的原因。

# 数字化转型的切入点：决策

## ✚ 对于企业来说，效率是最重要的？还是质量是最核心的？

- ❏ 制造大国的惯性心理、同质化竞争下追求效率
- ❏ 试思考所谓隐形冠军的突出特质是什么？

## ✚ 数字化转型的着眼点应该是决策，不管是基于管理提升的效率提升，还是基于工艺的质量提升，核心都是决策。

- ❏ **管理方面：**数据自动流动，不仅是效率的内涵，而是信息及其处理质量的要求，即使决策由人来做出，也要为人提供准确必要的信息；
- ❏ **工艺方面：**工艺是企业必须重视的；目前工艺人员参与智能制造的声音和数量都明显不足；工艺决策需要数据支撑，与数字化转型天然相关；

# 数字化转型背后的思维轨迹

## ❖ 数字化转型的目标是经营效益指标驱动的：重新思考“锦上添花，还是雪中送炭？”

### ❖ 信息化：

- 企业现有运行模式的计算机化、流程更加的规范、业务周转的效率提高
- 其实”转”的味道并不浓厚，多是照搬、固化乃至精细化现有的生产管理业务
- 现有管控的问题，仍然存在，只是更快的暴露

### ❖ 数字化：

- 重新审视企业的经营运行组织形态
- 重新思考业务及指标驱动的本意

## ❖ 如何合理利用”数字化”的优势

- ❖ 直面用户需求的服务型制造：打通客户深度介入到产品的研发生产和运维的链条，内部纵向集成；
- ❖ 面向产业链或生态的业务广度扩展：以龙头企业和垂直行业为重点建立的工业互联网平台，以生态的形式将数字化业务管控系统从范围和深度进一步集成和融合；
- ❖ 面向管理与控制一体化的深度扩展：打通业务层与执行层的关系，体现软件定义制造的思想，动态灵活配置支持自动化与柔性的融合。
- ❖ 数字化业务管控系统的新形态：
  - 基于数据/流程/业务中台等概念和技术的引入，将原先厚重紧耦合的系统形态转变为基于服务化或操作机制的松耦合形态，
  - 支持模块化的快速迭代与扩充开发
  - 以及降低前台开发复杂性，提高前台业务应用柔性组合性（低代码开发，其本质属于配置）。

# 数字化转型的几点思考

## 1) 数字化转型是推动新型业务模式和运行方式的契机

- ❏ 传统的将企业现有的业务流程进行计算机化，是远远不够的，也丧失了信息化的优势。
- ❏ 只进行管理的数字化，也是远远不够的，应向工艺层次的融合扩展。
  - 比如机床数据采集-设备运行状态监控。应进一步的与工艺融合，保证产出品质量
- ❏ 数字化转型应该和业务乃至经营运行指标深度的融合起来，是对业务模式和业务运行方式的一种改变或者回归初心。

## 2) 在推动数字化转型过程当中，我们应正确认识可视化

- ❏ 数字化转型不是在现有业务运行模式下的定量化或者可视化。
- ❏ 其实对于可视化来说，代表了整个数字化业务运行的自下而上和自上而下的数据链条的深度打通和融合。
  - 比如面向最终指标，这个指标应该逐层的进行分解，由数字化业务管控系统当中的各个功能模块来产生和提供数据支持和数据加工转换，甚至是智能的推理决策。
  - 与其说这是可视化，不如说是以可视化的最终要求来倒推我们数字化业务管控系统各个功能模块的具体要求。

# 数字化转型的几点思考

- ❁ 3) 数字化转型不仅是管理业务的提升，同时应该考虑与技术工艺业务的深度融合
  - ❁ 管理与工艺的数字化转型并重
  - ❁ 工艺是直接面向高质量产品产生的直接业务，这才是企业真正的竞争优势所在。
  - ❁ 将企业的工艺诀窍知识和经验进行数字化沉淀，是企业的长效发展具有根本的推动力。
- ❁ 4) 数字化转型的优势之一是能够伴随企业在管理和技术工艺上成长，迭代发展
  - ❁ 企业的管理水平和技术改进是无止境的。
  - ❁ 进行数字化转型考虑的时候，应该思考：当前建设的系统如何具有柔性的可扩展性？
  - ❁ 比如微服务的架构，比如数据中台（本质是单一数据源，并非一定要集中），流程中台甚至智能中台等新技术或理念。
- ❁ 5) 不要把数字化转型搞成自动化建设，一定要对其中柔性给予足够的重视
  - ❁ 传统的刚性的流水生产线是支持大批量生产的，在当前的竞争环境下，订单碎片化越来越严重，没有柔性的自动化线，可能很快就会将企业拖入难以应变市场的泥潭当中。
  - ❁ 德国工业4.0其实非常强调自动化加柔性的理念---PACK ML工程（按需柔性PLC）
  - ❁ 已经有一些企业过于关注自动化而忽视柔性的血淋淋的教训（东莞劲胜）
  - ❁ 在这一轮数字化转型的浪潮当中，一定要对柔性给予足够的重视。

# 提纲

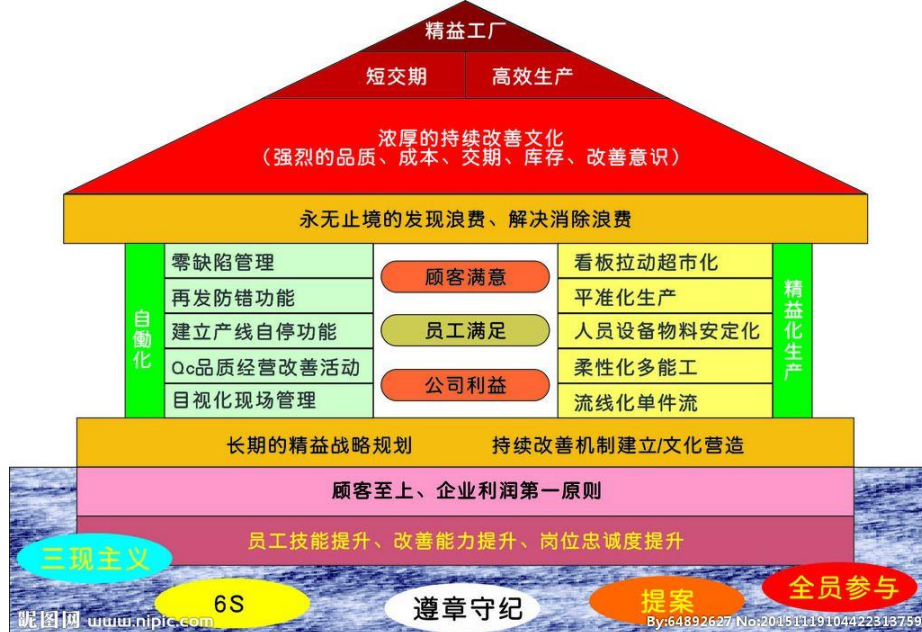
---

- ❖ 数字化转型内涵思考
- ❖ **精益与MES融合分析**
- ❖ 数字化转型下MES发展趋势
- ❖ MES实施推进方法论



# 精益思想

- 精益思想的核心是：Just In Time (JIT)，翻译为中文是“旨在需要的时候，按需要的量，生产所需的产品”。
- 别名或落实：准时制生产方式、适时生产方式或看板生产方式。
- 消除浪费（0库存）、看板、快换工装



## 自働化 JIT

精益生产的管理理念与手段，其视野可以进一步放大



# 一个有趣的对比：机器与MES

## ❖ 数字化方面

- ❖ **设备：**体现为设备自动化运行控制的精准、精细化步进执行，设备生产效率的提升，以及设备具备CPS的基础从而实现智能化的提升等；
- ❖ **MES或管理：**体现为数据流动及其数字化周转、数据格式的规范表达等基础上的管理盲点的识别、管理目标的达成、管理原则的落实等，定量而不是定性、精细而不是粗放、精准而不是模糊。

## ❖ 自动化方面

- ❖ **设备：**体现为设备按照既定的时序动作逻辑以低概率犯错的方式进行自动的运行，这是看的见的自动化；
- ❖ **MES或管理：**体现为流程的自动衔接、数据的自动流动，这是看不见的自动化；

## ❖ 网络化方面

- ❖ **设备：**体现为设备具备数据状态上传和控制指令接收的功能，以及硬件实现链条的柔性配置（比如无齿轮传动）；
- ❖ **MES或管理：**体现为将传统具有次第关系的业务管理，因为物联网等技术的发展，借助于底层的CPS可以以离散化的方式进行重构，从而实现软件定义制造的运行局面。比如，在机床设备中因为广泛应用电主轴而提出无齿轮传动的概念，物联网的发展也将MES的运行推向扁平化、软硬一体融合的优化组合运行局面。

## ❖ 智能化方面

- ❖ **设备：**比如体现为机床的智能温度补偿、智能振动抑制、智能化误差补偿等；
- ❖ **MES或管理：**涉及到大量的决策，包括管理业务的决策、工艺优化的决策等，所谓智能制造是在为企业赋能，就要求作为企业运转平台的MES具有决策的功能，这也是MES后续发展的新重点，将具有灵活执行四肢的管理自动化的MES推向具有“决策大脑”、“协调心脏”的智能化MES系统。

# 精益生产： 数字化工厂与智能工厂

## ❁ 数字化工厂（JIT）

- ❑ 要素定义、环节操作、过程衔接的数字化
- ❑ 连续、规范、无中断的集成在一起
- ❑ 其本质是实现流程信息的集成
- ❑ 可称之为管理自动化



## ❁ 智能工厂（自働化）

- ❑ 其本质是人机一体化与人机融合协同
- ❑ 人在决策回路中





# 自动化：人在决策回路

## 业务回路建设

### 数字化是基础：数字化环节要素、数字化业务过程、数字化执行操作

- 业务执行过程的规范化
  - 流程链条、流程网络、正常过程、异常过程
- 业务执行过程的数字化
  - 规范内容、规范格式、规范操作



## 智能决策提升

### 人机物融合环境：业务驱动下的人、机器、系统

- 精益信息流转
  - 正确信息（输入与输出）、正确环节、正确操作与分析
- 人机物一体化过程融合
  - 业务环节细分、智能化提升点



## ✚ MES语境下，需求拉动的新内涵

### ✚ 逆向思维：

- 按照需求拉动来规划生产的运行，比如以用户需求为起点向前拉动，推动了MTS（库存）、MTA（装配）、MTO（订单或生产）、MTE（设计）等生产组织方式的转变，比如在具体生产中，按照后序向前序拉动生产的方式，消除浪费和提高准时性。

### ✚ MES

- 应该分析业务链条或网络中关联关系，理解彼此的需求-供给关系，从按时、按需的角度，保证业务的顺畅衔接
- 生产计划作为MES运行的指挥中枢，是生产进度执行、物料物流配送、质检环节介入等有序、协调运行的控制中心。
- 各种数据、流程等中台类理念其实也是在更加有效的支持业务流程的编排、周转与协调。



# JIT: MES

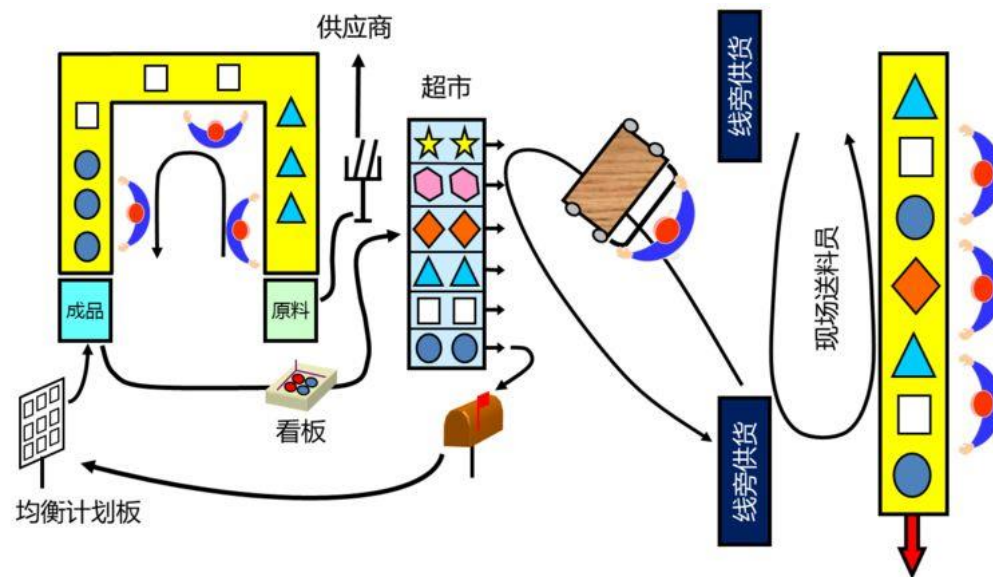
## ❁ 多品种变批量混流生产方式下，精益看板生产运行保障措施

### ❁ 看板与计划：即保证看板运行机制，属于“形似”的范畴

- 看板是后序拉动前序
- 计划约定了各个作业之间的前后关系，包括时间和数量，具有供应-需求的关联关系
- 看板更多的是一种物化的执行手段

### ❁ 抓住精益的本质，即保证精益生产的效果，属于“神似”的范畴

- 精益生产中提到的快换工装->APS中的组批控制；（硬件与软件配合）
- 精益生产中提到的单件流->APS中的单元化资源配置；



# 精益6种浪费与MES的关系（MES是信息加工生产线）

## ❁ (1) 错误，提供有缺陷的产品或不满意的服务

- ❁ **信息交付物：**保证生产过程的正确性保证是数字化业务管控系统建设的重要考虑内容，这种正确性，就要求部门之间的协调，或者部门之间的交付物，不管是半成品还是信息，尽量的消除错误。
- ❁ **过程中保证：**数字化业务过程，应该是正确无歧义的进行梳理和定义，系统各个环节之间的交付物应该明确清晰无歧义，这也是保证数字化业务管控系统运行过程当中不会出现过程或者信息卡壳的问题。
  - 例如：可以引入规则来进行判断这些交付物是否符合要求
  - 例如：可以利用数字化的优势进行冗余性的交叉检验与判断



# 精益6种浪费与MES的关系

## ❖ (2) 积压，因无需求造成的积压和多余的库存

- ❖ 精益所谓的积压，主要是体现物料和生产部门之间的不协调，其本质上是计划之间的不协调。
- ❖ 应该在正确的时间生产出正确数量的产品，这是APS应该发挥作用的地方。
  - 只有生产计划制定了之后，才能够对物料实现精益的牵引，不该准备的物料不需要准备，需要准备的物料，因为有计划时间节点制约，可以实现快速的库存周转，从而达到降低库存的目的。
- ❖ 对于精益生产来说，库存不仅包括成品库存和物料库存，还包括车间生产中存在的WIP，这就要求必须要通过APS，实现订单在车间流转时间长短的有效控制，这又涉及到APS的一些高级应用
  - 比如对一些订单采用单元化生产的方式，降低订单从开始到结束的流转时间
  - 比如通过APS实现工艺工序的并行生产以及工序之间的流式周转来降低流转时间以及进一步的在制品时间维度下数量水平。



# 精益6种浪费与MES的关系

## ⊕ (3) 过度加工，实际上不需要的加工和程序

- ❏ 借助数字化的手段进行基于过程加工质量数据基础之上的，未来产品指标的预测性判断，这就要求在MES系统当中建立相应的分析推理模型。
  - 自适应加工

## ⊕ (4) 多余搬运，不必要的物品移动

- ❏ 在APS中，可以将物流相关因素纳入到排产约束当中，
  - 面向订单的设备资源资源配置可以考虑设备相近距离以及物流的便利性
  - 考虑周转的情况下，可以将一次周转过程当中的数量作为一种约束进行考虑。
- ❏ 这种搬运并不仅仅是物料，而是信息的流动，
  - 数字化业务管控系统，应该保证信息流转的准确性（也类似一种搬运），其实没有必要让一些冗余或不相关的信息在系统当中漫无目的的流转，这也是为什么现在提出了一些数据中台的概念，可以在这个方面有更好的作用的。
- ❏ 充分利用数字化的优势，统一数据源、统一流程控制
  - 西门子安贝格工厂，在进行smt生产的过程当中，提出了一种nc program generator的控制机制，Smt生产过程当中所需要的程序，是根据产品动态生成和精益下发，避免了无谓的人的手工干预，且容易犯错误的干预。

# 精益6种浪费与MES的关系

- ⊕ (5) 等候，因生产活动的上游不能按时交货或提供服务而等候
  - 对于数字化业务管控系统来说，这种环节之间的交货或者服务其实更多的是**一种信息上的交付物**，能够彼此准时的衔接和协同
    - 一方面来说在进行建设的时候要进行**流程的梳理**，定义明确和规范的业务流程，以及各个环节之间的协调关系；
    - 另一方面来说要**准备充足的预案**，考虑到任何一个环节如果出现问题，如何解决和处理？
  - 在新型数字化业务管控系统建设当中，应该考虑**流程引擎或者流程中台**的理念，不管实现形式是什么样子，但是应该达到这样的功能和性能要求。

# 精益6种浪费与MES的关系

## ❖ (6) 多余的运动，人员在工作中不必要的动作

- ❖ 数字化业务管控系统运行过程当中最大的动作是什么呢？就是人的操作。
- ❖ 作为一个良好的数字化业务管控系统，应该为人的介入时机，人的介入操作，人操作所应该具有的信息输入，以及所应该产生的正确的输出，进行系统性的考虑与规划。
- ❖ 如果一个数字化业务管控系统建设完成了，人在进行系统操作的时候，如果我们需要从大量无关的信息当中去抽取自己想要运用的信息，其实是一种不合理，也没有充分发挥数字化的优势。
- ❖ 对于数字化业务管控系统来说，应该保证正确的信息在正确的时间到达正确的人手里，并且提供机制保证人能够（想做错都不行，加入一些防呆防错的措施）做正确的操作并产生正确的结果。

# 提纲

---

- ❖ 数字化转型内涵思考
- ❖ 精益与MES融合分析
- ❖ **数字化转型下MES发展趋势**
- ❖ MES实施推进方法论

# 数字化转型背景下MES发展趋势

## 业务范围的扩大，带来MES更大广度的集成与协同

- **横向：**从单独的产线/车间向多车间/多工厂的协同管控发展、从企业内部想多企业系统集成与协同发展
- **纵向：**从靠人来托底向自动化/智能化设备的一体化融合集成转变

## 业务深度的扩展，带来MES与工艺业务的深度融合

- 从管理业务为主向管理与工艺决策相综合的方向发展、从统计事后发现问题向实时解决问题方向转变
- 工艺环节的智能工艺决策、工艺链条的智能工艺决策……

## 业务协同的深入，带来MES精益与精细的管控和决策

- 批量为1的未来极端生产组织，要求实现精细的管控
- 精益管理决策：外协、加班、多车间/工厂协同计划决策等。

## 业务管理的动态性，决定了MES必须向柔性可扩充架构方向发展

- 适应企业的发展变化
- 新的技术运用：服务化架构、中台化运行-模型驱动

# MES内涵-业务视角

- **全过程管理**：对产品从输入到输出包括工艺准备、生产准备、生产制造、周转入库的全过程进行管理，包括过程的进展状态、异常情况监控；
- **全方位视野**：从工艺、进度、质量、成本等业务进行全面的管理；
- **全员协同参与**：车间领导、计划人员、工艺人员、调度人员、操作人员、质量管理人员、库存人员、协作车间人员等根据自身角色参与制造执行过程，在获取实时数据的基础上，通过及时的沟通与协调，实现业务协同；

有序、协调、可控、高效的制造执行效果



# MES内涵-流转视角-三个闭环控制

## 实物流

- 工件周转、刀/夹/量/辅周转、工艺文件/图纸周转-**闭环控制**
  - 生产准备定义与现场准备情况的关联定义
  - 库存与现场的闭环控制
  - 条码技术与物流现场跟踪

精益协调

## 信息流

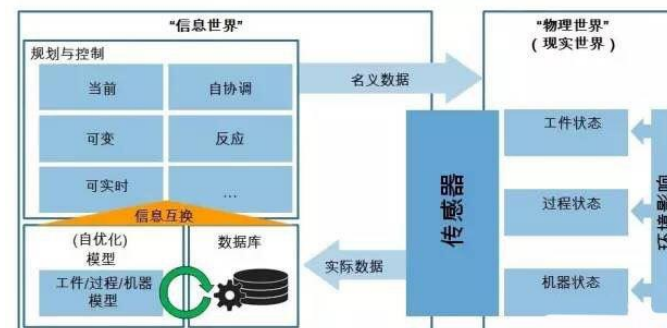
- 任务信息、工艺信息、执行信息等
  - 结构化、数字化的信息管理
  - 信息链路集成
- 任务执行过程的状态控制：任务-技术准备-生产准备-下发控制-过程执行-入库-**闭环控制**
  - 全过程管理

精准协同

## 控制流

- 主要是与硬件相关的指令流转-**闭环控制**
- 加工设备数控程序的自动下达
- 质量检验装置的自动采集

智能决策



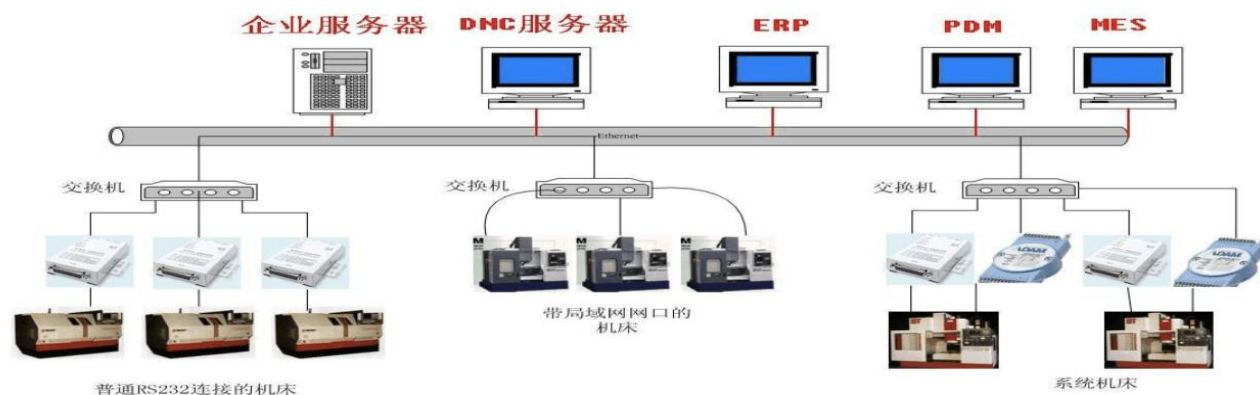
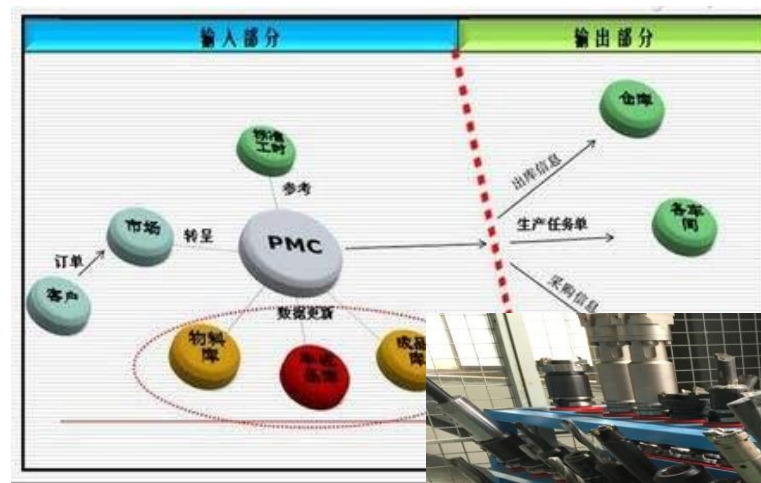
# MES内涵-流转视角-融合

## ✦ 信息流与实物流的融合

- ✦ 以计划信息为纽带-精益生产
- ✦ 以订单工艺为主线-有序组织
- ✦ 以信息-实物关联为手段-码物一体

## ✦ 信息流与控制流的融合

- ✦ 计划牵引-精准执行
- ✦ 智能决策-正确执行





# MES内涵-CPS视角

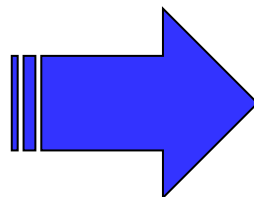
## ⊕ 当前和持续的生产保证（感知）

- ❏ 不是感知一两次，而是全面的前瞻预测。
- ❏ 不仅包括当前状态，也包括对未来一段时间这些资源变化的预测

手工采集、自动采集  
单点感知、综合感知

## ⊕ 生产过程的全面监控（感知）

- ❏ 任务情况和资源情况
- ❏ 每个生产资源（工人）接到生产指令后何时开始，何时结束？做了多少？质量情况？有什么异常？设备情况？运行数据？这些都是生产现场的数据反馈（可依托物联网、传感器来采集）。
- ❏ 产品的质量管理 and 质量追溯



## ⊕ 时间、指令精准协调与控制 （分析决策执行）

- ❏ 生产任务指令下发到车间，工人就可以干活了，如果生产资源是数控机床和自动化设备，那么系统应该通过**PLC**、**DNC**、**SCADA**等一些中间件、数据接口、控制系统来指挥它们作业

管理决策、工艺决策

## ⊕ 应变和协同（分析决策执行）

- ❏ 生产现场的异变是常态，必须重新对生产任务与资源的配置做出决策
  - ❏ 追赶或调整未能完成计划；
  - ❏ 市场订单变了，插单、撤单、设计需求改变了；
  - ❏ 设备故障、物料不到、质量返工等问题都要打乱既定的生产次序；
- ❏ 自适应工艺调整决策

# 延伸：制造装备/装置智能化的思考

- ✦ 是CPS的具体体现
- ✦ 是一种自动化运行控制过程
- ✦ 过程自动化的核心：
  - ▣ 经验感知向自动化传感感知转变
  - ▣ 人工经验向知识库的转变
  - ▣ 人工分析向基于知识的自动推理转变
  - ▣ 人工调整执行向自动化指令下发执行转变

凡是需要人工介入或者需要依靠经验来完成的生产、检测等环节，都具有智能化提升的机会和潜力。同时要**考虑经济性**。



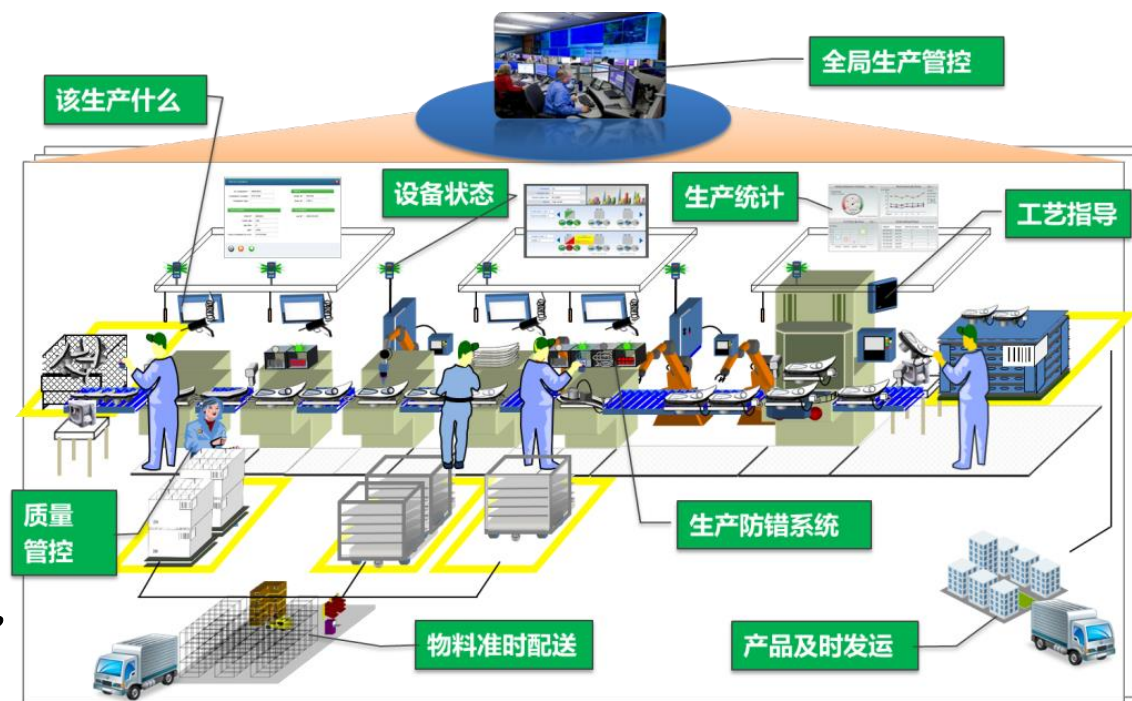
# 数字化转型背景下MES新特征

## 业务流程管理自动化

- 业务衔接顺畅、无歧义；规范的预定义数据格式和内容；规范的业务操作要求和信息内容与格式；
- 不仅支持正向顺次递进的流程，也包括应付各种突发情况的流程预案。
- 规范：包括流程规范、信息规范、操作规范。
- 避免：“存在的就是合理的”，以及“现有流程计算机化”

## 软硬一体化执行融合

- 实现从“人”来托底向自动获取转变
- 比如MES直接从机床或设备等自动获取执行反馈状态；
- 比如MES直接向机床或机器人等下发执行程序或执行指令；
- 比如MES直接向AGV等物流设备下发执行指令等。
- 比如MES根据实物的数字标识自动反馈获取实物状态；
- 比如MES直接从硬件读取设备状态、工艺参数、工件精度等数据。



# 数字化转型背景下MES新特征

## ❖ 决策功能日益突出

- ❖ 大数据等决策分析技术的发展，以及工业互联网状态反馈和精准执行控制技术
- ❖ 比如APS基于当前任务承担情况，给出客户新订单的**精准交货期评估**
- ❖ 比如APS面对众多的生产扰动，给出**快速响应**评估分析与调整执行
- ❖ 比如根据订单工件加工过程中前序环节的精度数据，给出后序环节的**工艺基准调整分析**结果并实现控制执行
- ❖ 比如根据订单工序加工精度反馈分析，经过推理决策分析实现**自适应的调整控制执行**
- ❖ 比如质量问题发生后的**及时决策分析并制定改进措施**，甚至直接对硬件装置进行干预
- ❖ 比如电子产品“测”后问题的**智能分析判断**，辅助“调”人员快速解决
- ❖ .....

手工采集向自动化传感感知采集转变  
人工经验向知识规则沉淀的转变  
人工分析向基于知识的自动推理转变  
人工调整执行向自动化指令下发执行转变

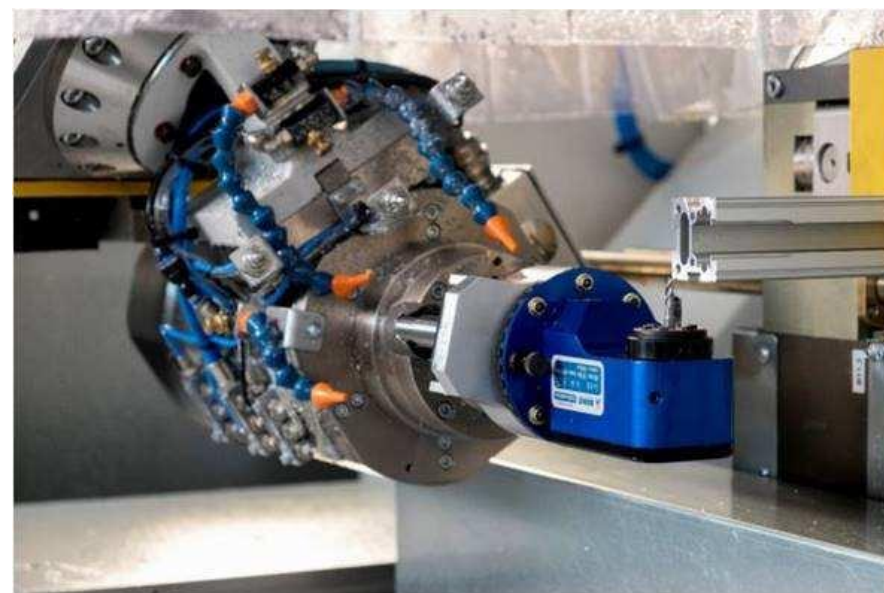
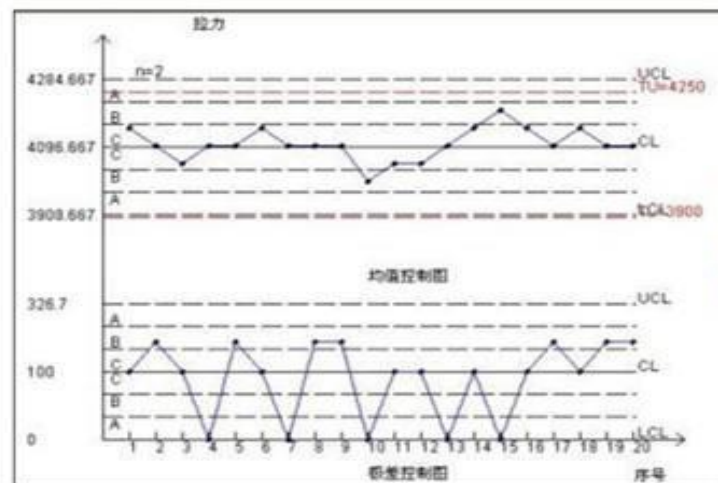




# 决策：MES必须与工艺融合

## ❁ 质量数据与工艺的融合

- ❁ 依靠SPC可以发现问题，如何解决？仍然依靠人？
- ❁ 比如，分析每一条指令代码下的设备状态、工艺参数等的变化（程序示波器），借助模型进行智能分析与判断；
- ❁ 比如，刀具磨损与断裂监测，借助模型进行智能换刀决策和智能加工补偿等；
- ❁ 比如，对于复杂产品，建立面向工艺流程的工序精度状态链条，建立智能的误差分析模型，实现基于上一步状态的当前这一步加工工艺参数的自适应调整，保证加工质量。



# 决策：MES必须与工艺融合

## ✦ 执行过程数据与工艺的融合

■ 同样一个活，同样的机床，不同的人来做，时间和精度可能都存在较大的不同。其实这里面反映了工人技能水平的差异。**利用SOP（标准作业操作）机制来进行规范。**

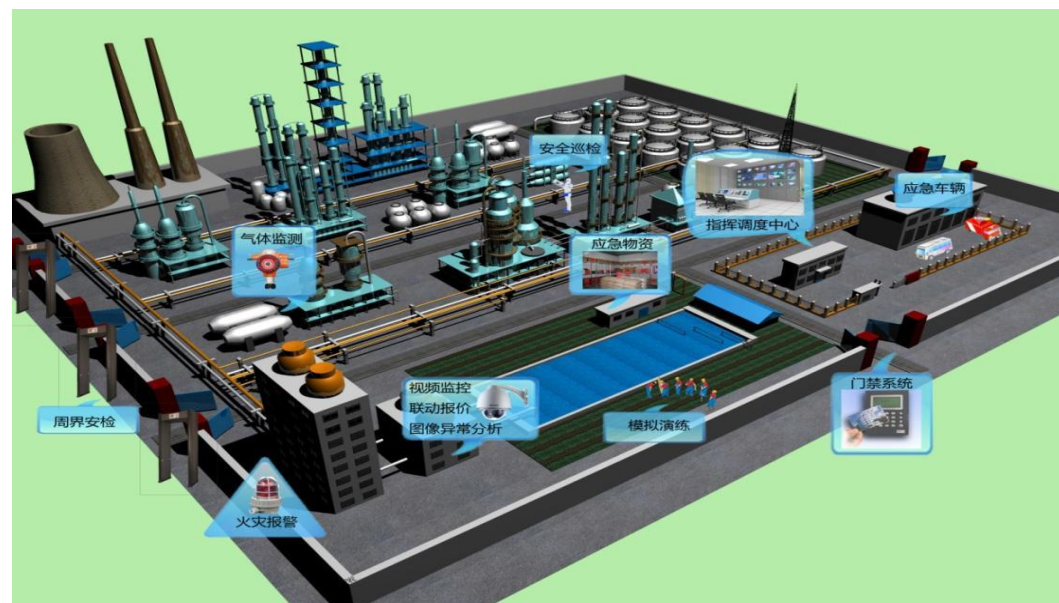
■ 比如通过进度数据的统计分析，从精细化数据的角度，找出彼此的差异，建立与加工工艺参数等数据的关联，分析挖掘干的又快又好的经验知识，逐步改进、固化、规范操作工艺的。

生产作业指导书										制作	审核	批准	受控状态		
文件编号: WF-WI-TS-SC-154-1										生产页码: 第1页		日期: 2009.9.1		版本号	A/0
区 分		TRANS	图 号		PART NO		工 程 名		W1						
作业条件		上线人员已通过此工序教育训练				设备道具									
线材		绝缘胶带		除漆		备注		材料: 1. 线材: 佳达55 H (10PIN: $\pm 1.3$ , 4PIN: $\pm 1.5$ ) PIN长度: $8.5 \pm 0.3$ , 绝缘胶带厚度: $0.1 \pm 0.05$ PIN间距: $2.54 \pm 0.3$ , 直径: $0.8 \pm 0.1$ PIN间距: $2.54 \pm 0.3$ 2. 铜线: 18TC, $0.14 \pm 0.01$ 3. 绝缘胶带: $0.025 \times 10.0W$ 浅黄 4. 卷带: $\pm 1.0$							
起始-结束	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	图数	
5-11	USTC	0.1C 400	00	密接	0.025T*10.0W 浅黄	3									
2PIN间距 $1.0 \pm 0.1mm$ 的套管。 2PIN间距 $1.0 \pm 0.1mm$ 的套管。															
1. 按照要求将线材放入套管, 胶带的图数及方向。 2. 将套管放入管内 (少PIN侧) 插入除漆机 (机器侧) 开始除漆。 3. 除漆后并关或侧端进行除漆作业。															
															
注意事项: 1. 注意套管图数。 2. 密接不能有缝。 3. 密接和比线入管图数。 4. 密接和比线入管图数。 5. 入线和出线必须打直角。 6. 线头长约15mm。 7. 套管伸入到PIN底部, 距离约0.5-1mm。 8. 产品检验, 保证质量, 防止红色, 不良品集中并且标识清楚。 9. 不良品禁止不良品集中并标识清楚, 防止不良品集中。 10. 不良品禁止不良品集中并标识清楚, 防止不良品集中。															
工具仪器		使用材料		相关表单		检查频率		版本		修订内容					
全自动绕线机				施工单		全检		A/0							
备注: 1. 全自动绕线机的设置按照操作说明进行设置。2. 制作过程中禁止使用非环保物料污染/混用。															

# 决策：MES必须与工艺融合

## ✦ 设备/单元/产线状态数据与工艺的融合

- ✦ 产线级数字双胞胎的三维展示模块，通过“虚实同步映射”实现了三维产线运行状态的完整展示，但目前更多的是“实->虚”映射，其实“虚->实”的反馈控制味道是比较淡的，**相当于所谓的CPS没有实现闭环。**
- ✦ 设备/单元/产线级的CPS是能够实现从状态数据采集、分析推理决策、闭环控制执行的完整链条的，其中的分析推理决策环节是关键，需要**基于状态参数建立加工工艺的物理仿真推理模型。**





# 决策：MES必须与工艺融合

## ❁ 基本结论

### ❁ 夯实基础

- MES采集的大量数据，不能仅仅是存档入库，必须结合工艺才能有效的挖掘出其内在的价值，数据如何为工艺提供决策支撑，是企业智能化提升可以参考的结合点、切入点和发力点。

### ❁ 提升水平

- 现在MES厂商团队的人员大多偏重于计算机、管理等方面的人才，但随着智能制造的深入进行，工艺人才与知识的缺乏将成为其能否走的更快、走的更远的决定性制约因素。

## ❁ 企业在进行MES实施时，一定要在工艺上发力，才是长效发展的根本。



# 提纲

---

- ✚ 数字化转型内涵思考
- ✚ 精益与MES融合分析
- ✚ 数字化转型下MES发展趋势
- ✚ **MES实施推进方法论**

# 势能驱动的实施方法论

“水到渠成”是我们做事希望的局面，希望一切都是那么自然而然顺理成章的发生。其中的“顺理”其实就是如何形成和保持“势能”的道理。

。

## ❁ (1) 瓶颈痛点驱动化

- ❁ MES建设一般牵连业务部门和人员较多，各有不同的利益诉求，应该秉持抓住痛点、难点和瓶颈的思路，让部门和人员明白MES建设是为了改善他们的业务操作执行而开展的，不能给出这种“胡萝卜”诱惑，只靠“大棒”恐怕会事倍功半的。
- ❁ 从另一个角度而言，其实就是要避免“无病呻吟”，不能解决问题的系统，建设又有何益呢？
- ❁ 这是“势能”驱动的源头。所谓的“木桶短板”效应，说的也是这回事，但企业需要精确的理解自己的短板在何处才行。

# 势能驱动的实施方法论

## ❖ (2) 复杂问题简单化

- ❖ 实施推进总是很复杂的，业务关联与协调总是很复杂的，应该秉持复杂问题简单化的思路，大处着眼小处入手，进行问题分解和流程梳理，庖丁解牛一样，不能搅和成一锅粥，让实施推进无从下手。
- ❖ 从总体入手分解，也有利于实现与总体的协调，明确需要解决的一个个子问题及其在总体中的地位与作用，不仅可以让大家有全局观，也有利于执行过程中不会出现偏差，以及条理化的逐步执行。
- ❖ 这是为了将总体“势能”细分为条理化的“势能”

# 势能驱动的实施方法论

## ❁ (3) 简单问题规范化

- ❁ MES建设不能在混乱的流程或管理下进行，应该秉持规范化处理的思路，细化、固化业务流程和业务操作，做到有章可循、有章必循、执章必严、违章必究，消除MES实施推进中模糊不清的因素，才能有效的推进MES建设。
- ❁ 这是为了消除“势能”驱动中的各种干扰因素。

## ❁ (4) 业务功能场景化

- ❁ 企业部门或人员对业务的理解与MES建设推进中实施方法的技术理解，属于有机关联的不同维度的理解，应该秉持业务与技术有机融合的思路，通过场景化描述，实现两者的统一，避免业务部门人员对技术能否实现的质疑或者焦虑，也能消除业务部门人员对系统上线后自身业务开展不习惯、不顺畅的顾虑。
- ❁ 这是形象化和清晰化“势能”驱动的作用和内涵。



王爱民

北京理工大学 数字化制造研究所

所长、博士、副教授、博导

135 2266 2896

wangaimin99@Tsinghua.org.cn

谢谢！